不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪生长性能和肠道形态结构的影响

廖　珂　王自蕊　游金明*　贺　琴　熊　昊　罗波文

（江西农业大学动物科技学院，江西省动物营养重点实验室，江西省营养饲料开发工程中心，南昌 330045）

摘　要：本研究旨在探讨不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪生长性能和肠道形态结构的影响。试验选用遗传背景、胎次和体重相近的 21 日龄断奶仔猪 240 头，随机分为 5 个组，每组 4 个重复，每个重复 12 头仔猪。对照组仔猪饲喂玉米-豆粕型基础饲粮，发酵豆粕组饲粮中用 10%发酵豆粕代替部分普通豆粕，膨化大豆组饲粮中用膨化大豆代替所有普通豆粕，嗜酸乳杆菌培养物组饲粮中分别添加 3.0%和 5.0%的嗜酸乳杆菌培养物。各组饲粮消化能和粗蛋白质等营养水平相近。试验期 21 d。结果表明：1）与对照组相比，发酵豆粕组断奶仔猪料重比显著降低（P<0.05），3%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪平均日采食量显著提高（P<0.05）。3%嗜酸乳杆菌培养物组和 5%嗜酸乳杆菌培养物组之间断奶仔猪平均日采食量差异不显著（P>0.05）。2）3%、5%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪十二指肠、空肠、回肠的绒毛高度显著高于对照组和发酵豆粕组（P<0.05）。3%、5%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪十二指肠、回肠、空肠的绒毛高度/隐窝深度（V/C）值显著高于对照组和发酵豆粕组（P<0.05）。膨化大豆组断奶仔猪十二指肠的 V/C 值显著高于对照组（P<0.05）。3）透射电镜下发现，对照组断奶仔猪空肠微绒毛疏密不等、长短不一，而 3%、5%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪空肠微绒毛更为密集，整齐一致。由此可知，饲粮中添加发酵豆粕或嗜酸乳杆菌培养物可改善断奶仔猪生长，饲粮中添加嗜酸乳杆菌培养物还能改善肠道形态结构。综合生长性能和肠道形态结构，断奶仔猪饲粮中嗜酸乳杆菌培养物添加量以 3%为宜。

关键词：断奶仔猪；嗜酸乳杆菌培养物；发酵豆粕；肠道形态结构

中图分类号：S828

收稿日期：2017-11-03

项目基金：国家自然科学基金项目（31760688）；江西省生猪产业技术体系项目（JXARS-03-营养与饲料岗位）

作者简介：廖　珂（1990—），女，江西上饶人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: liaoke520@126.com

*通信作者：游金明，教授，博士生导师，E-mail: youjinm@163.com

仔猪在早期断奶过程中将面临着环境、营养、生理等多种因素变化的挑战。由于消化系统发育不完善，断奶后仔猪从植物性蛋白质饲料中获取得的大量蛋白质会引起仔猪消化道应激，使仔猪产生食欲下降、消化不良、腹泻甚至死亡等现象[1-3]。原因是大豆中含有胰蛋白酶抑制因子、大豆凝集素、脲酶等抗营养因子，容易引发仔猪过敏反应，破坏仔猪肠道结构和功能，使仔猪消化吸收功能下降，并引起不良的生理反应[4]。因此，在生产中常常采取相应的加工措施以改善植物性蛋白质原料，以提高仔猪机体健康。研究表明，经过微生物发酵的豆粕具有独特的发酵芳香味，有一定的诱食作用。此外，微生物会分泌一些蛋白酶降解豆粕中的蛋白质类抗营养因子，从而改善蛋白质的品质[5-6]，解决动物营养性腹泻问题[7]，并对猪生长性能的提高具有积极作用[8]。嗜酸乳杆菌可调节畜禽肠道微生物平衡，促进有益菌生长，抑制有害菌繁殖，从而改善畜禽肠道发育，促进营养物质消化吸收。阿布都如苏力・艾尔肯[9]研究发现，嗜酸乳杆菌发酵豆粕能够显著提高黄羽肉鸡平均日增重（ADG），降低料重比(F/G)。在仔猪断奶前期，益生菌具有改善仔猪生长性能、维持肠道健康的作用[10-11]。根据发酵豆粕、膨化大豆和嗜酸乳杆菌的特点，在饲粮中加入相应的发酵豆粕和嗜酸乳杆菌培养物来改善豆粕质量，是否可以促进仔猪生长、改善仔猪肠道健康？添加方式以哪种配比效果更佳呢？因此，本研究拟在断奶仔猪的饲粮中添加发酵豆粕、膨化大豆或不同剂量的嗜酸乳杆菌培养物，探讨其对断奶仔猪生长性能和肠道形态结构的影响，为发酵豆粕和嗜酸乳杆菌培养物在断奶仔猪饲粮中的科学应用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

发酵豆粕、膨化大豆、嗜酸乳杆菌培养物由上海源耀生物科技有限公司提供。发酵豆粕、膨化大豆和乳杆菌培养物的粗蛋白质含量分别为50%、35%和20%。其中，嗜酸乳杆菌培养物水分含量为11.9%，灰分含量为7.6%，粗纤维含量为8.1%，乳酸含量为6.2%，酸溶蛋白含量为8.4%。

1.2 试验设计

选用遗传背景、胎次和体重相近的21日龄断奶仔猪240头，公母各占1/2，随机分为5个组，每组4个重复，每个重复12头仔猪。试验期21 d。

1.3 试验饲粮

对照组仔猪饲喂玉米-豆粕型基础饲粮，发酵豆粕组饲粮中用10%发酵豆粕代替部分普通豆粕，膨化大豆组饲粮中用膨化大豆代替所有普通豆粕，嗜酸乳杆菌培养物组饲粮中分别添加3.0%和5.0%的嗜酸乳杆菌培养物。各组饲粮消化能和粗蛋白质等营养水平相近。饲粮配方参照我国《猪饲养标准》（2004）配制，试验饲粮组成及营养水平见表1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

项目 Items	对照组 Control group	发酵豆粕组 Fermented soybean meal group	膨化大豆组 Expanded soybean group	3%嗜酸乳杆菌培养物 3% *Lactobacillus acidophilus* culture group	5%嗜酸乳杆菌培养物 5% *Lactobacillus acidophilus* culture group
原料 Ingredients					
玉米 Corn	55.48	58.00	57.07	52.77	50.96
豆粕 Soybean meal	25.98	13.90		25.07	24.46
膨化大豆 Expanded soybean			27.53		
发酵豆粕 Fermented soybean meal		10.00			
嗜酸乳杆菌培养物 *Lactobacillus acidophilus* culture				3.00	5.00
进口鱼粉 Imported fish meal	5.50	5.50	8.00	5.50	5.50
乳清粉 Whey powder	5.00	5.00	3.50	5.00	5.00
椰子油 Coconut oil	2.02	1.80		2.33	2.54
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
石粉 Limestone	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
膨化玉米 Extruded corn	2.02	1.80		2.33	2.54
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
氯化胆碱 Choline chloride (50%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-lysine monohydrochloride	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40
DL-蛋氨酸 *DL*-methionine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-苏氨酸 *L*-threonine	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
消化能 DE/(MJ/kg)	14.27	14.27	14.27	14.27	14.27
粗蛋白质 CP	19.81	19.77	19.85	19.76	19.81

钙 Ca	0.86	0.86	0.95	0.86	0.86
总磷 TP	0.72	0.71	0.74	0.72	0.72
有效磷 AP	0.50	0.50	0.57	0.50	0.51
赖氨酸 Lys	1.54	1.51	1.43	1.53	1.52
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.83	0.77	0.86	0.83	0.83
苏氨酸 Thr	1.07	1.01	1.01	1.06	1.06

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kilogram of diets：Fe 170 mg，Cu 10 mg，Mn 40 mg，Zn 130 mg，I 0.2 mg，Se 0.3 mg，Co 1.5 mg，VA 10 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 40 IU，VK_3 1.5 mg，VB_1 2 mg，VB_2 6 mg，VB_6 3.5 mg，VB_{12} 0.2 mg，泛酸 pantothenic acid 25 mg，尼克酸 niacin 35 mg，生物素 biotin 0.15 mg，叶酸 folic acid 1.0 mg。

2)消化能为计算值，其余营养水平为实测值。DE was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

1.4 饲养管理

试验在某大型猪场进行。试验猪在保育床上饲养，舍温控制在 25～28 ℃，相对湿度控制在 55%～65%。试验期间所有仔猪自由采食和饮水。仔猪免疫按常规程序执行，其他日常管理参照猪场饲养管理。

1.5 样品采集及处理

于试验第 21 天从每个重复中选取 1 头接近平均体重且健康状况良好的仔猪，肌注 4%戊巴比妥钠进行麻醉后，颈静脉放血处死。切开腹腔，迅速剪取十二指肠、空肠、回肠中段各 5 cm。用蒸馏水小心冲洗食糜，然后用滤纸吸干肠壁上的水分后，置于 10%甲醛溶液小广口瓶中固定 24 h 以上。另取仔猪空肠肠段约 2 cm，置于预冷 4%戊二醛固定液中进行前固定。

1.6 测定指标

1.6.1 生长性能

开始试验后，记录每天投料量。试验第 1、21 天清晨对仔猪进行空腹称重。以每个重复为单位计算平均日采食量（ADFI）、ADG 和 F/G。

1.6.2 肠道形态结构

剪取仔猪十二指肠、空肠、回肠样品中段，经常规脱水、石蜡包埋、切片、苏木精-伊红（HE）染色后测量隐窝深度（crypt depth，CD）和绒毛高度（villus height，VH），双盲法读片，每张切片观察5个视野。计算绒毛高度/隐窝深度（V/C）值。

1.6.3 空肠上皮超微结构

取仔猪空肠肠段约 2 cm，将肠组织样在冰上用刀片修成大约 1 mm×1 mm×1 mm 大小，用镊子将组织块移至盛有预冷 4%戊二醛固定液的小广口瓶中进行前固定，磷酸缓冲盐溶液（PBS）冲洗 3 次，1%锇酸固定，PBS 冲洗 3 次，梯度酒精脱水（50%、70%、80%、95%，100% 2 次），每次 15 min。纯丙酮脱水 2 次（15 min/次），Epon812∶丙酮（1∶1）浸透 30 min，纯包埋液浸透 1 h，纯包埋液固化 37 ℃、24 h 后 60 ℃、48 h。使用超薄切片机（BROMMA LKB-V）切片，经醋酸双氧铀、枸橼酸铅双重染色后用日立 H-600 透射电镜观察并拍照。

1.7 数据处理与统计分析

所有试验数据采用 SPSS 16.0 软件中单因素方差分析模型进行方差分析。以 $P<0.05$ 为差异显著性判断标准。数据以“平均值±标准差”表示。

2 结 果

2.1 不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪生长性能的影响

不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪生长性能的影响见表 2。从表中数据可知，各组之间断奶仔猪 ADG 差异不显著（$P>0.05$）。3%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪的 ADFI 显著高于对照组、发酵豆粕组和膨化大豆组（$P<0.05$），但 3%嗜酸乳杆菌培养物组和 5%嗜酸乳杆菌培养物组之间断奶仔猪的 ADFI 差异不显著（$P>0.05$）。发酵豆粕组断奶仔猪的 F/G 最低，显著低于对照组和 5%嗜酸乳杆菌培养物组（$P<0.05$），但与膨化大豆组、3%嗜酸乳杆菌培养物组之间差异不显著（$P>0.05$）。

表 2 不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of different processing soybean meal and *Lactobacillus acidophilus* culture on growth performance of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	发酵豆粕组 Fermented soybean meal group	膨化大豆组 Expanded soybean group	3%嗜酸乳杆菌培养物 3% *Lactobacillus acidophilus* culture group	5%嗜酸乳杆菌培养物 5% *Lactobacillus acidophilus* culture group	*P* 值 *P*-value
平均日增重 ADG/（g/d）	416.31±8.51	424.59±9.12	413.73±1.42	426.28±8.18	419.08±6.61	0.224
平均日采食量 ADFI/（g/d）	604.17±8.88^{b}	591.76±3.15^{a}	592.79±2.71^{a}	614.43±5.21^{c}	607.52±5.21^{bc}	0.000
料重比 F/G	1.45±0.04^{b}	1.39±0.03^{a}	1.43±0.01^{ab}	1.44±0.04^{ab}	1.45±0.03^{b}	0.036

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2　不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪肠道形态结构的影响

不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪肠道形态结构的影响见表 3。从表中数据可知，3%、5%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪十二指肠、空肠和回肠的绒毛高度显著高于对照组和发酵豆粕组（*P*<0.05）。3%嗜酸乳杆菌培养物组和 5%嗜酸乳杆菌培养物组之间断奶仔猪十二指肠、空肠和回肠的绒毛高度差异不显著（*P*>0.05）。与对照组相比，发酵豆粕组和膨化大豆组断奶仔猪十二指肠、空肠和回肠的绒毛高度差异不显著（*P*>0.05）。

膨化大豆组和 3%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪十二指肠、回肠的隐窝深度显著低于对照组（*P*<0.05），但与 5%嗜酸乳杆菌培养物组、发酵豆粕组差异不显著（*P*＞0.05）。各组之间断奶仔猪空肠的隐窝深度没有显著差异（*P*>0.05）。

与对照组相比，3%、5%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪十二指肠、回肠、空肠的 V/C 值显著高于对照组和发酵豆粕组（*P*<0.05）。膨化大豆组断奶仔猪十二指肠的 V/C 值显著高于对照组（*P*<0.05），但膨化大豆组断奶仔猪空肠、回肠的 V/C 值与对照组无显著差异（*P*>0.05）。

表 3　不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪肠道形态结构的影响

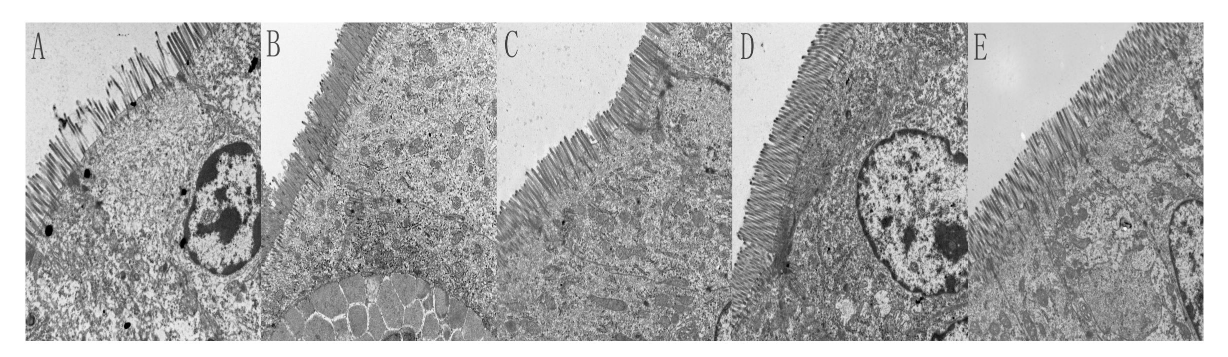
Table 3　Effects of different processing soybean meal and *Lactobacillus acidophilus* culture on intestinal morphology of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	发酵豆粕组 Fermented soybean meal group	膨化大豆组 Expanded soybean group	3%嗜酸乳杆菌培养物 3% *Lactobacillus acidophilus* culture group	5%嗜酸乳杆菌培养物 5% *Lactobacillus acidophilus* culture group	*P* 值 *P*-value
绒毛高度 Villus height/μm						
十二指肠 Duodenum	332.57±14.89[a]	335.69±11.55[a]	357.58±11.13[a]	404.11±18.86[b]	413.23±16.57[b]	0.003
空肠 Jejunum	334.32±21.12[a]	325.11±24.88[a]	354.51±15.72[a]	414.34±12.71[b]	418.53±15.74[b]	0.005
回肠 Ileum	324.43±21.48[a]	341.49±18.39[a]	353.51±15.67[ab]	416.86±7.75[b]	419.29±33.59[b]	0.016
隐窝深度 Crypt depth/μm						

十二指肠 Duodenum	244.34±5.94[b]	226.36±10.21[ab]	212.38±6.44[a]	209.60±7.90[a]	228.29±11.01[ab]	0.033
空肠 Jejunum	234.09±11.59	234.74±13.75	218.73±18.53	205.82±15.72	223.47±5.37	0.567
回肠 Ileum	235.88±7.32[b]	227.33±6.71[ab]	215.05±6.50[a]	206.91±6.11[a]	216.16±5.00[ab]	0.045
绒毛高度/隐窝深度 V/C						
十二指肠 Duodenum	1.36±0.07[a]	1.49±0.06[ab]	1.69±0.09[bc]	1.93±0.09[c]	1.83±0.14[c]	0.004
空肠 Jejunum	1.44±0.11[a]	1.39±0.09[a]	1.65±0.14[ab]	2.06±0.21[b]	1.88±0.09[b]	0.014
回肠 Ileum	1.38±0.09[a]	1.51±0.09[a]	1.65±0.06[ab]	2.03±0.09[c]	1.95±0.17[bc]	0.003

2.3 不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪空肠上皮超微结构的影响

不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪空肠上皮超微结构的影响见图 1。由图可以看出，与其他各组相比，对照组空肠上皮微绒毛疏密不等、长短不一，部分绒毛还有脱落、损伤迹象。而断奶仔猪饲粮中添加发酵豆粕、膨化大豆或嗜酸乳杆菌培养物后，其空肠上皮微绒毛明显比对照组密集、整齐，且肠绒毛长度基本一致。3%和 5%嗜酸乳杆菌培养物组的断奶仔猪空肠上皮微绒毛较其他各组更密集、整齐、纤细。



A：对照组 Control group；B：发酵豆粕组 Fermented soybean meal group；C：膨化大豆组 Expanded soybean group；D：3%嗜酸乳杆菌培养物组 3% *Lactobacillus acidophilus* culture group；E：5%嗜酸乳杆菌培养物组 5% *Lactobacillus acidophilus* culture group。

图 1 仔猪空肠透射电镜图

Fig.1 The jejunum electric mirror transmission diagram （12 000×）

3 讨 论

3.1 不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪生长性能的影响

在生产中，早期断奶常常给仔猪带来采食量降低、消化不良和腹泻等应激[10]。导致这一现象的主要原因是仔猪不得不经历从液态母乳到固态饲料的适应性转变。由于断奶仔猪消化道发育尚不完善，肠道分泌的消化酶难以充分消化来自各种饲料原料中的养分和抗营养因子。豆粕作为大宗饲料原料，是一种良好的植物性蛋白质源，但实践表明，对断奶仔猪而言，要很好地对其大

分子蛋白质进行消化并破坏其抗营养因子，仍有较大的困难。研究发现，经过发酵处理后的豆粕，其消化性能可得到较大改善，用于断奶仔猪饲料，能显著提高十二指肠、空肠总蛋白酶和胰蛋白酶活性，并显著提高断奶仔猪 ADG，降低 F/G[11-13]。在本试验条件下，各组之间断奶仔猪 ADG 差异不显著，而与对照组相比，发酵豆粕组仔猪 F/G 显著降低，这可能是由于豆粕经过发酵处理降低了大分子抗原蛋白和胰蛋白酶抑制因子的水平[13]，提高了营养物质的吸收利用，从而提高了仔猪饲料转化率。此外，饲粮中添加嗜酸乳杆菌培养物后，断奶仔猪采食量提高，3%嗜酸乳杆菌培养物组断奶仔猪的 ADFI 显著高于对照组、发酵豆粕组和膨化大豆组，嗜酸乳杆菌培养物组之间断奶仔猪的 ADFI 差异不显著。这与张勇等[14]研究结果相似。

3.2　不同处理豆粕及嗜酸乳杆菌培养物对断奶仔猪肠道形态结构的影响

小肠是仔猪营养物质消化吸收的主要场所，良好的绒毛和微绒毛结构可以很大程度增加小肠内壁表面积，从而提高小肠对营养物质的吸收。但仔猪断奶后，其小肠绒毛形态结构将受到不同程度的影响[15-16]。而从液态母乳过渡到固态饲料将进一步加剧仔猪消化道应激。断奶应激常常使仔猪小肠绒毛萎缩、隐窝加深，消化道酶活性受到抑制，仔猪出现腹泻、生长停滞等[17]。益生菌直接添加到饲粮中或饲喂前利用益生菌对饲粮进行发酵处理，均能够改善畜禽肠道形态结构，提高畜禽生长性能，提高血清免疫球蛋白 M（IgM）含量，促进肠黏膜分泌型免疫球蛋白 A（SIgA）分泌[18-19]。在断奶仔猪饲粮中添加乳酸乳球菌不仅能够促进仔猪肠道黏膜绒毛的发育，同时还具有提高仔猪生长性能的作用。本研究也得到了类似结果，即与对照组相比，发酵豆粕替代部分普通豆粕可促进断奶仔猪肠道绒毛发育，饲喂添加 3%、5%嗜酸乳杆菌培养物的试验饲粮能够有效地改善仔猪肠道形态结构，降低肠道损伤。从肠道形态结构来看，添加嗜酸乳杆菌培养物对小肠形态结构改善作用最为显著。而从空肠绒毛超微结构可以发现，仔猪饲粮中添加发酵豆粕、膨化大豆或嗜酸乳杆菌培养物后，其空肠上皮微绒毛明显比对照组密集、整齐。饲粮中添加 3%和 5%嗜酸乳杆菌培养物后，仔猪肠上皮微绒毛较其他各组更密集、整齐、纤细。

综合以上研究结果，我们推测，大豆在经膨化处理后能一定程度消除或减少大豆中的抗营养因子成分，微生物分泌蛋白酶也能降解豆粕中的抗营养因子，改善蛋白质的品质。抗营养因子成分的清除降低了肠道炎症的发生，避免了肠道黏膜受损，而小肠形态结构的完整能促进营养物质的吸收利用，改善仔猪生长性能。其次，嗜酸乳杆菌培养物中含有的益生菌，经发酵后产生大量的乳酸，可促进胃内食物的预消化。当胃肠道处于偏酸性状态时，肠道中大部分病原菌的生长受到抑制，同时促进仔猪肠道绒毛发育，这也是添加嗜酸乳杆菌培养物效果更佳的主要原因。

4 结　论

①饲粮中添加发酵豆粕能显著降低断奶仔猪的 F/G，饲粮中添加 3%嗜酸乳杆菌培养物可显著提高断奶仔猪的 ADFI。

②饲粮中添加嗜酸乳杆菌培养物可改善肠道形态结构。综合生长性能和肠道道形态结构，断奶仔猪饲粮中嗜酸乳杆菌培养物添加量以 3%为宜。

参考文献：

[1] 王斌星,王蜀金,郭春华,等.酿酒酵母发酵液对断奶仔猪生长性能、小肠发育及小肠黏膜免疫功能的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):4014–4022.

[2] [1]王杰,艾萍萍,刁其玉,等.复合益生菌和纤维寡糖对断奶仔猪生长性能、粪便微生物及血清指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(03):881-890.

[3] 张建梅,李晓颖,谢全喜,等.复合微生态制剂对断奶仔猪生产性能、粪便菌群及血液指标的影响[J].中国微生态学杂志,2012,24(9):796–800,804.

[4] 王涛,秦贵信,赵元,等.大豆主要抗营养因子对猪的影响[J].大豆科学,2008,27(2):326–330.

[5] SONG Y S,FRIAS J,MARTINEZ-VILLALUENGA C,et al.Immunoreactivity reduction of soybean meal by fermentation,effect on amino acid composition and antigenicity of commercial soy products[J].Food Chemistry,2008,108(2):571–581.

[6] REFSTIE S,SAHLSTRÖM T,BRÅTHEN E,et al.Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*)[J].Aquaculture,2005,246(1/2/3/4):331–345.

[7] 王鹏,王永勤,袁林,等.发酵豆粕的生产工艺及其应用[J].黑龙江畜牧兽医,2012(9):99–102.

[8] 金三俊,董佳琦,任红立,等.复合微生态制剂对断奶仔猪生长性能、血清生化和免疫指标及粪便中挥发性脂肪酸含量的影响[J].动物营养学报,2017,29(12):4477-4484..

[9] 阿布都如苏力•艾尔肯.嗜酸乳杆菌发酵豆粕的营养特性及其对黄羽肉鸡的饲养效果研究[D].硕士学位论文.石河子:石河子大学,2014.

[10] 李德发.猪的营养[M].2 版.北京:农业科技出版社,2005.

[11] FENG J,LIU X,XU Z R,et al.The effect of *Aspergillus oryzae* fermented soybean meal on growth performance,digestibility of dietary components and activities of intestinal enzymes in weaned piglets[J].Animal Feed Science and Technology,2007,134(3):295–303.

[12] LIU X,FENG J,XU Z,et al.The effects of fermented soybean meal on growth performance and immune characteristics in weaned piglets[J].Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences,2007,31(5):341–345.

[13] HONG K J,LEE C H,KIM S W.Aspergillus oryzae GB-107 fermentation improves nutritional

quality of food soybeans and feed soybean meals[J].Journal of Medicinal Food,2004,7(4):430–435.
[14] 张勇,邓军成.嗜酸乳杆菌对断奶仔猪生产性能的影响[J].中国猪业,2015(6):66–68.
[15] 孙云子,余冰,陈代文.不同蛋白源日粮对断奶仔猪小肠形态的影响[J].中国饲料,2011(12):34–37,40.
[16] 赵玉蓉,王红权,贺建华,等.谷氨酰胺对断奶仔猪肠道微生物和小肠黏膜形态的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(02):158-161.
[17] 张焘,董国忠.影响断奶仔猪小肠结构完整性的因素[J].中国饲料,2010(6):9–13,28.
[18] 祁瑞雪.发酵豆粕在肉鸡中的应用研究[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2012.
[19] FENG J,LIU X,XU Z R,et al.Effects of *Aspergillus oryzae*,3.042 fermented soybean meal on growth performance and plasma biochemical parameters in broilers[J].Animal Feed Science and Technology,2007,134(3/4):235–242.

Effects of Different Processing Soybean Meal and *Lactobacillus Acidophilus* Cultures on Growth Performance and Intestinal Morphology of Weaned Piglets*

LIAO Ke WANG Zirui YOU Jinming* HE Qin XIONG Hao LUO Bowen

（*Nutrition Feed Development Engineering Center of Jiangxi Province, Key Laboratory of Animal Nutrition in Jiangxi Province, College of Animal Science and Technology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang* 330045, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of different processing soybean meal and *lactobacillus acidophilus* culture on growth performance and intestinal morphology of weaned piglets. A total of 240 weaned piglets with similar genetic background, parity and body weight at 21 days of age were randomly divided into 5 groups with 4 replicates in each group and 12 piglets in each replicate. Pigs in control group were fed a corn-soybean meal basal diet, the diet of fermented soybean meal group was used 10% fermented soybean meal replaced some common soybean meal, the diet of expanded soybean group was used expanded soybean replaced all common soybean meal, and the diets of *Lactobacillus acidophilus* culture groups were supplemented with 3% and 5% *Lactobacillus acidophilus* culture, respectively. The digestive energy and crude protein and other nutrient levels of the

*Corresponding author, professor, E-mail: youjinm@163.com (责任编辑　武海龙)

diet were similar in each group. The experiment lasted for 21 days. The results showed as follows: 1） compared with the control group, the ratio of feed to gain of weaned piglets in fermented soybean meal group was significantly decreased (P<0.05), the average daily feed intake of weaned piglets in 3% *Lactobacillus acidophilus* culture group was significantly increased (P<0.05). The average daily feed intake of weaned piglets had no significant difference between 3% *Lactobacillus acidophilus* culture group and 5% *Lactobacillus acidophilus* culture group （P>0.05）. 2) The villus height in duodenum, jejunum and ileum of weaned piglets in 3% and 5% *Lactobacillus acidophilus* culture groups was significantly higher than that in control group and fermented soybean meal group (P<0.05). The villus height to ctypt depth (V/C) value in duodenum, jejunum and ileum of weaned piglets in 3% and 5% *Lactobacillus acidophilus* culture groups was significantly higher than that in control group and fermented soybean meal group (P<0.05). The V/C value in duodenum of weaned piglets in expanded soybean group was significantly higher than that in control group (P<0.05). 3) Under the transmission electron microscopy, the jejunum microvillus was relatively thin and differs in length in the control group, but it was intensive and neat in 3% and 5% *Lactobacillus acidophilus* culture groups. In conclusion, diet added with fermented soybean meal or *Lactobacillus acidophilus* culture can promote the growth of weaned piglets, and diet added with *Lactobacillus acidophilus* culture can improve the intestinal morphology of weaned piglets. By considering the growth performance and intestinal morphology, the optimum addition level of *Lactobacillus acidophilus* culture in weaned piglets, diet is 0.3%.

Key words: weaned piglets; *Lactobacillus acidophilus* culture; fermented soybean meal; intestinal morphology